

KAJIAN EKSPERIMENTAL TANAH BANTARAN KALI WULAN RUAS KARANGANYAR – NJLEPER SEBAGAI BAHAN TANAH URUG MELALUI UJI KEPADATAN STANDAR PROCTOR

Tjokro Hadi

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang Semarang 50275
sipil.polines@yahoo.co.id

Abstract

The river flood-plain soil is sedimentation material that they were brought the river stream. The materials settling in consequence of overflowing the river water where flooding the river flood-plain. And by degree it will increase the flood-plain elevation and finally it will change the river patch, because it was happened the swallowing river. By the study of the land density on Kali Wulan's flood-plain can be obtained the soil technical data to be exploited as the hoarder soil material in mechanic stabilization method (proctor standard density test), can be obtained the average soil density increased of 13,59% from the average final dry soil volume weight = 1,384 grams/cm³, while decreasing the average pore number of 25,8% with the average optimum water content rate = 30,30%. The thickness of soil layer until 4,1 meters were potentially for hoarder soil material.

Keywords : *stabilization, hoarder soil material*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri perumahan (properti) sering berdampak pada perubahan tata guna lahan, baik dalam penempatan lokasi yang terbangun di daerah tanah produktif, maupun dalam pengambilan tanah untuk peningkatan (reklamasi) bahan urugan menggali tanah yang produktif. Hal ini semuanya akan berpengaruh terhadap perubahan tata guna lahan di wilayah tersebut. Untuk daerah sekitar aliran kali Wulan, yaitu sepanjang alur kiri kanan ruas sungai kali Wulan dengan radius 2-3 km, bahan urugan dapat menggunakan tanah bantaran kali Wulan sehingga dapat memperlancar aliran air dan menurunkan kapasitas banjir, karena daerah bekas galian akan menjadi tempat genangan air atau dengan adanya pengambilan material bantaran kali Wulan diperoleh perbaikan alur sungai yang lebih baik sehingga arus akan menjadi lancar.

Endapan material di bantaran kali Wulan setiap tahunnya bertambah, mengingat daerah hulu merupakan daerah pertanian. Lebih-lebih fluktuasi debit di musim

kemarau dan musim penghujan sangat besar perbedaannya terlihat tanda alam yang ada, yaitu pada saat musim kemarau aliran air hampir tak ada, sedangkan pada musim hujan, batas tanggul kiri kanan sungai air hampir melintasi puncak tanggul. Informasi warga sekitar Karanganyar tahun 2008, tanggul bobol dan banjir. Endapan material di bantaran kali Wulan, akibat butiran yang terlarut dan terbawa aliran air, saat air meluap dan menggenangi daerah bantaran sampai berhari-hari, kecepatan aliran turun menjadi lambat, maka kecepatan butiran mengendap akibat berat sendiri terjadi sehingga setiap akhir banjir ada peningkatan ketinggian di bantaran. Menurut (Suyono, 1983) reklamasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara yaitu reklamasi secara kimiawi dan reklamasi / pemadatan secara mekanis atau stabilisasi secara mekanis. Tanah bantaran susunan butirnya merupakan tanah lepas, dan bila dilakukan proses pemadatan akan dapat diperoleh informasi berat isi kering dan kadar air sebagai data teknis tanah yang dapat dioptimalkan untuk bahan urugan di wilayah sumber bahan urugan dengan

kwalitas kepadatan yang teruji sebagai aset daerah.

Dalam upaya peningkatan kualitas tanah melalui reklamasi tanah secara perubahan berat isi perlu dilakukan pengkajian melalui uji kompaksi standar (Standar Proctor) di laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang. Bahan sampel diambil di daerah bantaran Kali Wulan bentuk sampel terganggu di lima lokasi, yang diikuti dengan uji hand bor untuk meneliti ketebalan tanah $\pm 4,0$ m kedalaman hand bor. Sampel tak terganggu diambil pada kedalaman (1,5 – 2,0) m untuk diperiksa indek properties, dan sampel kepadatan diambil radius 0,5 m pada kedalaman (0,5 – 1,2) lokasinya, antara lain Karanganyar, Jati Wetan, Setro Kalangan, Bengkal, dan Njleper.

Dalam pengkajian eksperimental tanah bantaran Kali Wulan ruas Karanganyar – Njleper sebagai bahan tanah urug melalui uji kepadatan standar *Proctor*, beberapa kondisi dan pembahasan perlu disimak lagi, yaitu material tanah, metode stabilisasi, dan peneliti yang telah ada.

Material tanah, khususnya tanah bantaran, merupakan tanah lunak (soft soil) yang mempunyai sifat mudah berubah kondisinya bila kena air. Tanah merupakan material yang terdiri dari butiran tanah, udara, dan air. Pengaruh kandungan air akan berpengaruh pada kekuatan tanah (ingat kadar air tanah akan mengubah sifat wujud tanah, yaitu padat, lunak, dan cair (batas-batas konsentrasi). Dengan usaha stabilisasi tanah dengan uji kompaksi akan diperoleh berat isi tanah maksimum, kadar air optimum, dan jarak antarbutir yang terkecil sehingga angka pori minimum, maka kekuatan tanah lewat berat isi tanah akan didapat.

Sifat tanah lunak adalah kekuatan geser rendah, penurunan besar, permeabilitas tinggi, dan kekuatan geser rendah (Suyono, S.:1986). Dalam membangun mutu konstruksi perlu diperhatikan daya dukung tanah permukaan dan kestabilannya.

Runtuhan (longsoran) tanah dapat terjadi bila lapisan tanah di bawahnya lebih lunak (lemah) dari lapisan tanah di antaranya SKBI – 2.3.06.1987.

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah (memperbaiki) sifat tanah dasar sehingga diperoleh peningkatan kualitas tanah yang lebih baik. Stabilitas tanah dapat dilakukan dengan cara berikut.

- a. Stabilitas cara kimiawi, yaitu tanah dengan bahan kimiawi dicampur sehingga terjadi proses dan didapat peningkatan mutu tanah.
- b. Stabilitas tanah cara mekanis yaitu dengan cara melakukan pemadatan tanah di lapangan, akibatnya jarak antar butir menjadi rapat, angka pori mengecil dan berat isi meningkat, di laboratorium dengan melakukan tumbukan.

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan kajian eksperimen tanah bantaran kali Wulan ruas Karanganyar–Njleper sebagai bahan tanah urug melalui uji kepadatan standar *Proctor*, dilakukan dengan pengujian lapangan dengan uji bor tangan guna diperoleh lapisan tanah dan sampel tanah serta pengambilan sampel tanah urug di dekat titik bor radius $\pm 0,5$ meter pada kedalaman 0,8 – 1,2 meter. Selanjutnya, sampel di bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian di laboratorium seperti uji indek properties dan kepadatan standar.

Pengujian di lapangan dilakukan dengan bor tangan. Alat ini dioperasikan secara manual dengan tangan, untuk membedakan lapisan tanah yang ada. Hasil yang dicapai dengan bor tangan sampai kedalaman 5-6 meter dengan diameter bor 12 cm. Pemakaian alat bor tangan relatif cukup cepat dan murah serta dapat dikerjakan di lokasi yang terpencil dan transportasi cukup sulit. Selain dapat diperoleh susunan/gambaran lapisan tanah, juga dapat diperoleh informasi kedalaman air tanah, yang berguna bagi perencanaan lanjut.

Contoh tanah tak terganggu (di tabung). Hasil susunan tanah dari lubang bor digambarkan pada log bor *sheet* yang menggambarkan lapisan tanah dan contoh tanah yang diambil sesuai kedalamannya.

Setelah sampel sampai di laboratorium, sampel tak terganggu untuk pemeriksaan sifat jenis tanah seperti berat isi tanah, kadar air, angka pori, GS, derajat kejenuhan, dan lainnya. Untuk sampel

terganggu seperti bahan tanah untuk uji kepadatan dijemur (dikeringkan) untuk proses lolos ayakan ϕ 4,75 mm.

HASIL

Pengujian indeks *properties* (sifat fisis tanah) dilakukan untuk menentukan jenis tanah. Data uji indeks tersebut yang dipakai adalah sebagai berikut (Tabel 1-2).

Tabel 1. Data Uji Indeks *Properties*

Project	: Penelitian	Operator lab.	=
Lokasi	: Njleper	Operator lab.	=
No. Boring	: -	Analisa	=
Test Standart	: ASTM D-2216		
Density		Njleper	
Dep/Boring No.		(0,80 – 1,20) m	
Cylinder + Soil	gr	158,3	158,47
Cylinder	gr	43,9	43,9
Wet Soil	gr	114,4	114,57
Volume of Cylinder	cm ³	65,67	65,67
Wet Density	gr/cm ³	1,74	1,74
Average Wet Density	gr/cm ³	1,740	
Moisture Content			
Dep/Boring No.		(0,80 – 1,20) m	
Container code		65	66
Wet soil + container	gr	36,20	32,79
Dry soil + container	gr	30,34	27,90
Container	gr	16,21	16,00
Dry soil	gr	14,13	11,90
Moisture loss	gr	5,86	4,89
Moisture content	%	41,47	41,09
Average Moisture Content	%	41,28	
Spesific Gravity			
Dep/No. Test		(0,80 – 1,20)	
Pycnometer no.		E	F
Temperature water	C	28	28
Temperature factor	-	0,988	0,988
Pycnometer	gr	28,95	26,17
Pycnometer + Dry Soil	gr	35,85	32,99
Pycnometer + Dry Soil + Wt	gr	83,31	80,07
Pycnometer + water	gr	79,10	75,88
Specific gravity GS		2,565	2,594
Average GS			
Dry Density	jd	1,23	
Void ratio	e	108	
Degree of Satunion	sr	98,62	
		2,580	

Tabel 2. Rangkuman Data Sifat Fisis

No	Lokasi		Karang-anyar	Jati Wulan	Sedo-kalangan	Bengkal	Njleper
1	jt	g/cc	1,460	1,710	1,720	1,720	1,74
2	Wr	%	42,06	39,88	43,67	45,76	41,28
3	GS		2,570	2,46	2,500	2,530	2,580
4	γd	gr/cc	1,26	1,22	1,20	1,18	1,23
5	e	%	103,0	99,0	107,0	110,0	108
6	n	%	51,0	48,0	55	54,0	53,0
7	Sr	%	105,00	99,09	102,03	105,25	98,62

Pengujian kepadatan standar (ASTM D-698-70/PB-0111-76) dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah kering sehingga dapat diperoleh kepadatan maksimum (γd maks) dan kadar air optimum (Wopt). Sesuai dengan tujuan pemadatan, yaitu merapatkan butiran atau memperkecil angka pori maka hasil γd maksimum dan Wopt dikaji pada angka pori minimum dan saturated mendekati 100% atau jenuh.

Prosedur pengujian dilaksanakan dengan langkah berikut, yaitu:

- a. melaksanakan pemadatan dilakukan dengan urutan nomor sampel dari yang terkecil, kemudian sampel dihamparkan pada talam sambil diaduk-aduk dan diratakan dan dibagi menjadi empat bagian;
- b. memasukkan sebagian sampel tanah cetakan dan alas dikunci (diberi pelumas tipis) dan meratakan, kemudian ditumbuk dengan pala seperti pada gambar panduan dan tiap lapis 25 kali tumbukan (ada 3 lapis);
- c. meratakan sampel tanah setelah lapis ke-1 selesai dan digores-gores agar lapisan berikutnya dapat menyatu, lapiske-1 ketebalannya ± 1/3 tinggi cetakan, toleransinya 5 mm, kemudian melakukan tumbukan lapis ke- 2, dan memasang leher serta kunci.
- d. melanjutkan tumbukan pada lapis ke-3 (lapis terakhir) setelah selesai penumbukan, membuka, mengunci, dan melepaskan leher cetakan, yang baik

- kelebihan tanah yang dipadatkan tidak lebih dari 5 mm dari muka cetakan;
- e. meratakan permukaan cetakan dengan seraper, bila ada yang berlubang tambal dengan tanah yang halus dan meratakan lagi, membersihkan cetakan dari rontokan atau serpihan tanah dan menimbang berat cetakan dan tanah (catat pada form);
- f. mengeluarkan tanah dari cetakan dengan ekstruder dan potong untuk pemeriksaan kadar air;
- g. membersihkan cetakan dan lanjutkan pengujian pemadatan pada sampel lanjutnya, yaitu nomor 1, 3, 4, 5, dan 6;

Analisis data kepadatan dilakukan terhadap

- a. berat isi tanah basah, yaitu:

$$\gamma_t = \frac{B_2 - B_1}{v} \text{ (gr/cc)} \rightarrow$$

B2 = berat tanah + cetakan (gr)

B1 = berat cetakan (gr)

V = volume cetakan (cm³)

- b. kadar air (ω) setelah pemadatan, yaitu:

$$\omega = \frac{G_2 - G_1}{G_1 - G_o} \times 100\% \rightarrow$$

G0 = berat cawan kosong

G1 = berat cawan + tanah kering

G2 = berat cawan + tanah basah

- c. berat isi kering γd, yaitu:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{(1 + \omega)} \text{ (gr/cc)} \rightarrow \omega \text{ dalam desimal}$$

Selain itu, penghitungan parameter tanah yang lain juga dilakukan, seperti G_s , e , S_r dan $\gamma_d 2_{AVC}$. Gambar grafik hubungan kadar air sebagai absis dan berat isi kering sebagai ordinat, dan plotkan hasil pengujian data pemadatan (setiap nilai kadar air ada 3 yang dapat diplot yaitu γ_d , e dan $\gamma_d 2_{AVC}$).

Penggambaran grafik γ_d vs ω dan e vs ω dilakukan dengan langkah berikut, yaitu:

- mengplotkan nilai kadar air sebagai sumbu absis baik pada grafik γ_d maupun e . (dengan skala yang sama);
- mengeplotkan γ_d maupun e pada ordinat (yang baik grafik γ_d diatas grafik e);
- membuat lengkung regresi yang mewakili, setelah titik-titik hubungan γ_d vs ω didapat;

- membuat lengkung regresi e vs ω dan tentukan nilai e minimum, kemudian hitung saturated $S_r = \frac{G_s \times \omega}{e}$, bila S_r mendekati 100%, dari e min tarik garis vertikal sejajar ordinat γ_d akan memotong sumbu kadar air dan memotong lengkung γ_d .

Jadi, perpotongan garis vertikal dari e min dan sumbu kadar air adalah ω_{opt} dan perpotongan lengkung γ_d adalah $\gamma_d \text{ max}$.

Rangkuman data uji kepadatan yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Rangkuman Kali Wulan (Karanganyar – Njleper)

Lokasi	Diskripsi	Sampel uji pemadatan					
		1	2	3	4	5	6
Karanganyar $G_s = 2,570$ $e_m = 0,760$	Berat isi tnh bsh	1,670	1,770	1,780	1,780	1,730	
	Kadar air	25,19	27,54	30,39	32,57	35,09	
	Berat isi tnh krg	1,33	1,39	1,37	1,34	1,28	
	Berat isi tnh krg ZAVC	1,53	1,51	1,44	1,40	1,35	
Jati Wetan $G_s = 2,480$ $e_m = 0,90$	γ_t gr/cc	1,64	1,74	1,76	1,68	1,63	
	ω %	31,45	34,60	38,47	46,86	47,91	
	γ_d gr/cc	1,250	1,290	1,270	1,140	1,102	
	γ_d ZAVC gr/cc	1,370	1,33	1,275	1,143	1,133	
Setrokalangan $G_s = 2,500$ $e_m = 0,850$	γ_t gr/cc	1,620	1,680	1,780	1,790	1,750	
	ω %	27,73	29,75	32,28	34,22	36,72	
	γ_d gr/cc	1,270	1,300	1,340	1,340	1,280	
	γ_d ZAVC gr/cc	1,44	1,430	1,380	1,350	1,300	
Bengkal $G_s = 2,530$ $e_m = 0,750$	γ_t gr/cc	1,660	1,740	1,790	1,780	1,730	
	ω %	25,71	27,39	29,67	32,26	34,27	
	γ_d gr/cc	1,320	1,360	1,380	1,350	1,290	
	γ_d ZAVC gr/cc	1,500	1,490	1,450	1,400	1,350	
Njeleper $G_s = 2,580$ $e_m = 0,690$	γ_t gr/cc	1,960	1,840	1,890	1,880	1,840	
	ω %	20,41	24,47	24,75	26,88	29,11	
	γ_d gr/cc	1,460	1,500	1,510	1,480	1,420	
	γ_d ZAVC gr/cc	1,660	1,630	1,580	1,530	1,470	

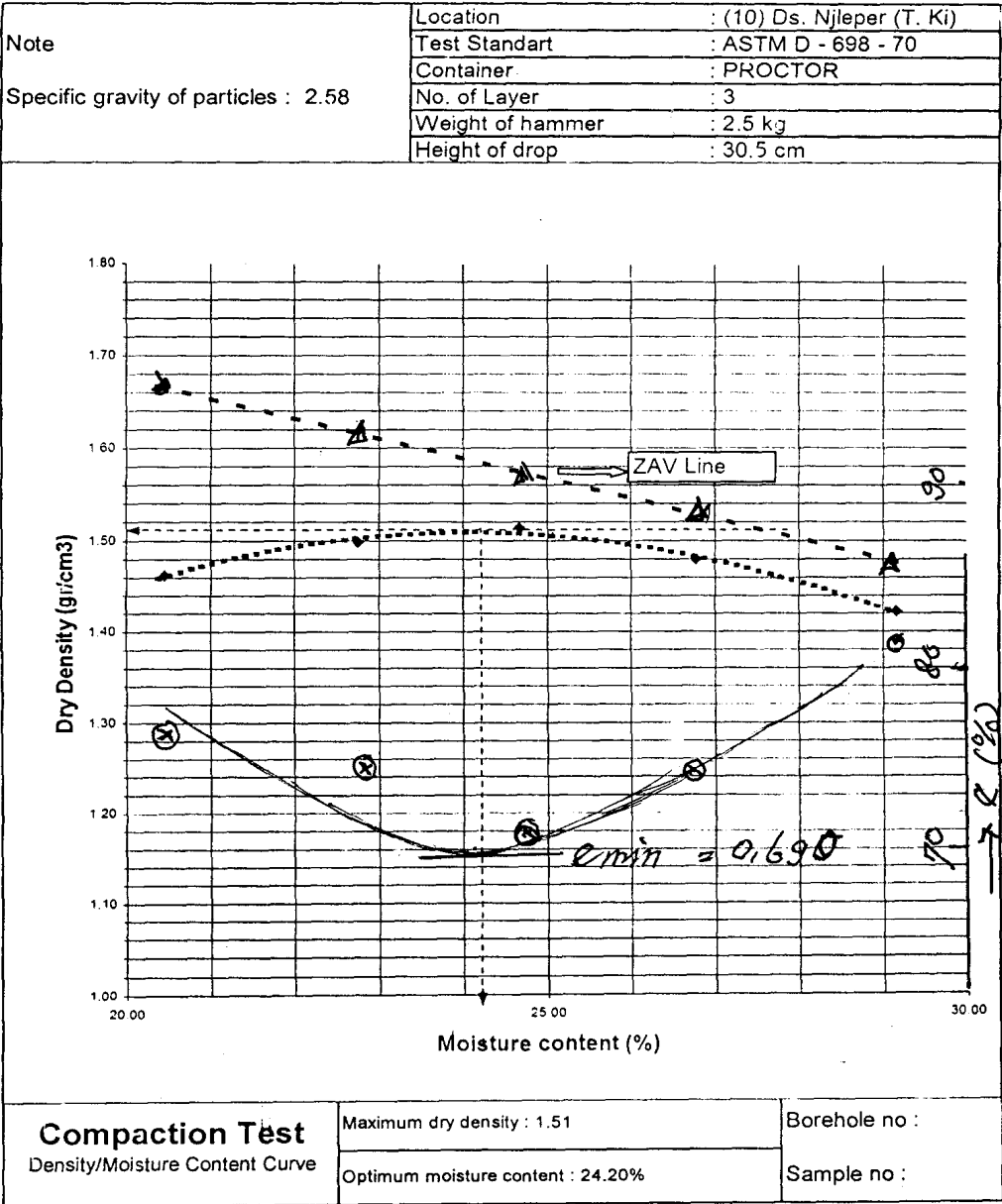
Contoh perhitungan pemadatan dilakukan pada lokasi Njleper periksa pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 4. Rangkuman Data Kepadatan (Standar Proctor)

Project : Penelitian			Sampel : (0,6 – 1,20) m					
Location : Njleper			Date test : 20-07-2009					
No. of blow of layer : 25 x			Operator : Tjokro					
Weight of hammer : 2,5 kg			Analisa tor : Tomo					
No. of layer : 3								
Drop : 30,5 cm								
Test standar : ASTM D-698-70								
No	Uraian		Nomor sampel					
			1	2	3	4	5	6
1	Berat ctk	g	1644	1644	1644	1644	1644	1644
2	Br t ctk + tnh bsh	g	3303	3376	3421	3420	3373	-
3	Br t tnh bsh	g	Wt	1659	1732	1777	1768	1729
4	Vol tnh bsh	cc	Vt	941,5	941,5	941,5	941,4	941,5
5	Br t isi tnh bsh	gr/cc	γ_t	1,762	1,840	1,887	1,878	1,836
6	Berat jenis		Gs	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580
7	Br t isi solid		$\gamma_t = G_s \cdot \gamma_w$	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580
8	Kadar air	%	ω	20,41	24,47	24,75	26,88	29,11
9	Br t isi kering	gr/cc	$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{(1 + \omega)}$	1,463	1,478	1,512	1,480	1,422
10	Br t tnh krg	g	$W_s = \gamma_d \cdot V_t$	1377,4	1391,5	1423,5	1393,4	1338,8
11	Vol tnh krg	cc	$V_s = W_s/\gamma_s$	533,88	539,34	551,74	540,08	518,91
12	Porositas	%	$n = (V_t - V_s)/V_t$	43,29	42,71	41,40	42,64	44,88
13	Angka pori	%	$e = (V_t - V_s)/V_s$	76,35	74,57	70,64	74,33	87,44
14	Berat air	g	$W_\omega = W_t - W_s$	281,6	340,5	353,5	374,6	390,2
15	Derajat kejenuhan	%	$S_r = W_\omega/(V_t - V_s)$	69,08	84,67	90,69	93,32	95,21
16	γ_d ZAVC	gr/cc	$\gamma_{d_{2AVC}} = \frac{G_s \cdot \gamma_\omega}{1 + \omega \cdot G_s}$	1,690	1,582	1,574	1,523	1,473

Dari grafik hubungan γ_d vs ω didapat $\gamma_{d_{max}} = 1,510$ gr/cc, $W_{op} = 24,20$ %, $S_r = 90,5$ %, dan $e_{min} = 0,690$ (Gambar 1).

STANDARD PROCTOR



Gambar 1. Analisis Kepadatan (γd Vs w)

Tabel 5. Rangkuman Data Kepadatan

No	Lokasi		Karanganyar	Jati Wetan	Setrokalanga	Bengkal	Njleper
1	$\gamma_{d_{max}}$	gr/cc	1,390	1,295	1,344	1,380	1,510
2	W_{opt}	%	28,80	35,70	33,40	29,40	24,20
3	e_{min}	%	76,0	90,0	85,0	78,00	69,0
4	Sr	%	97,3	98,0	98,23	95,36	90,50
5	Gs		2,570	2,480	2,500	2,530	2,580

Tabel 6. Rangkuman Data Sifat Fisis

No	Lokasi		Karanganyar	Jati Wetan	Setrokalanga	Bengkal	Njleper
1	γ_t	gr/cc	1,790	1,710	1,720	1,720	1,740
2	W_n	%	42,06	39,88	43,67	45,76	41,28
3	Gs		2,570	2,480	2,500	2,530	2,580
4	γ_d	gr/cc	1,260	1,220	1,200	1,180	1,230
5	e_{min}	%	103,0	99,0	107,00	110,0	108,0
6	Sr	%	105,00	99,09	102,03	105,25	98,62

PEMBAHASAN

Dari rangkuman data uji dan hasil perhitungan dapat dilakukan pembahasan berikut

a. Perubahan nilai kepadatan

Peningkatan rata-rata = $\frac{67,97}{5} \% = 13,59 \%$

Berat isi tanah kering $\gamma_{d_{rata-rata}} = \frac{6,919}{5} = 1,384 \text{ gr/cc}$

Berat isi kering asli $\gamma_{d_{asli}} = \frac{6,09}{5} = 1,218 \text{ gr/cc}$

No	Lokasi	γ_d asli	γ_d maks	Peningkatan (%)	Keterangan
1	Karanganyar	1,260	1,390	10,31	Uji Kepadatan Standart Proctor
2	Jati Wetan	1,220	1,295	6,15	
3	Setrokalanga	1,200	1,344	11,80	
4	Bengkal	1,180	1,380	16,95	
5	Njeleper	1,230	1,510	22,76	
			Jumlah	67,97	

b. Perubahan nilai rongga udara / void ratio

No	Lokasi	e asli (%)	e min (%)	Peningkatan (%)	Keterangan
1	Karanganyar	103,0	76,0	27,0	Uji Kepadatan Standart Proctor
2	Jati Wetan	99,0	90,0	9,0	
3	Setrokalanga	107,0	85,0	22,0	
4	Bengkal	110,0	78,0	32,0	
5	Njeleper	108,0	69,0	39,0	
	Jumlah	527,0	398,0	129,0	

$$e_{\text{asli rata-rata}} = \frac{527}{5} = 105,4 \%$$

$$e_{\text{min rata-rata}} = \frac{398}{5} = 79,6 \%$$

$$\text{penurunan rata-rata} = \frac{129}{5} = 25,8 \%$$

- c. Kadar air optimum (Wopt)
Besarnya nilai kadar air optimum rata-rata adalah
$$= \frac{28,80 + 35,70 + 33,40 + 29,40 + 24,20}{5}$$

= 30,30 %
- d. Dari data boring diperoleh kondisi tanah yang seragam hingga kedalaman 4,0 meter tanah lempung lunak kepasiran coklat muda (material endapan).

SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut. Melalui uji kepadatan standar *proctor* tanah bantaran Kali Wulan dapat meningkat 13,59 % kepadatannya. Berat isi kering rata-rata $\gamma_{d\text{rata}} = 1,384$ gr/cc. Penurunan rongga udara/vaid ratio sebesar 25,8 %. Nilai kadar air optimum Wopt = 30,30 %. Ketebalan tanah endapan > 4,0 meter, potensi sebagai bahan tanah urugan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu terselenggaranya penelitian mandiri, terlebih kepada Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M D, 1995. *Mekanika Tanah* Jilid 12. Jakarta: Erlangga.
- Joseph E. B, 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- J. Smith, 1984. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- L D. Wesley, 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- SKBI 2.3.06, 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran Jakarta*. YBP – PU.
- Risman, 2008, Lama pemeraman stabilisasi kapur kedalam tanah lempung Sendangmulyo meningkatkan kepadatan kering, Orbith, vol 4 no.2-Juli 2008.
- Suyono, S, 1977. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: PT Pradnya Paramitra.